专题：环境污染与人体健康
Environmental Pollution and Human Health

编者按　良好的生态环境是人类生存与健康的基础，多种疾病已被证实与环境污染密切相关。解析研究环境与健康的关系是当前全球环境科学研究的热点和难点。环境与健康问题的高度复杂性决定了其研究必然是多学科交叉的前沿领域。《中国科学院院刊》特策划"环境污染与人体健康"专题，以系统讨论环境污染物与人体健康的内在关联，助推我国在该研究领域的战略布局，以期为美丽中国建设作出贡献。本专题由中国科学院生态环境研究中心江桂斌院士指导推进。

加强环境与健康研究 助力美丽中国建设

宋茂勇　江桂斌*

中国科学院生态环境研究中心　北京　100085

摘要　经济快速发展导致的环境污染问题在我国日益突出，同时研究表明多种疾病与环境污染密切相关。理论和方法创新是我国环境与健康研究的挑战和机遇，需要不断聚集和吸引优秀科学家形成集群优势持续攻关，探寻环境致病的原因和机理，为我国区域高发疾病环境污染寻因，以及为相关健康保障技术的研发奠定理论与方法基础。

关键词　环境与健康，污染，美丽中国

DOI　10.16418/j.issn.1000-3045.20201103001

1 环境与健康研究的重要意义

解析研究环境与健康的关系是当前全球环境科学研究的热点和难点。根据世界银行和世界卫生组织（WHO）有关统计数据，世界上 70% 的疾病和 40% 的死亡人数与环境因素有关，多种与环境污染密切相关的疾病显著上升。恶性肿瘤等重大疾病发病率和死亡率呈逐年增加趋势。因此，研究解析环境与健康的关系，探寻环境致病的原因及机理是当务之急，也是全球环境科学研究的热点和难点。

我国环境污染的自身特点亟待环境与健康领域的理论方法创新。我国在环境健康领域的研究基础十分薄弱。由于经济快速发展，发达国家百年发展过程经历的不同污染阶段所产生的健康问题在我国集中显现，不仅污染所致健康危害机制亟待阐明，而且污染

*通讯作者
资助项目：中国科学院战略性先导科技专项（B类）（XDB14000000）
修改稿收到日期：2020年11月5日

的环境暴露规律亦不清晰。由于我国当前环境污染的自身特点——传统污染与新型污染并存、常量污染与痕量污染均不可忽略、复合污染问题非常突出，我国污染所致的健康危害亦与发达国家存在显著差异。这种特殊性决定了我国的环境与健康关联机制研究不能照搬国外研究模式。因此，理论与方法创新是我国环境与健康研究面临的机遇和挑战。

污染导致健康危害虽已获得共识，但污染引发代谢异常和肿瘤等环境相关疾病的分子机制仍是一个国际性科学难题。1996年，Colborn等就在《失窃的未来》（*Our Stolen Future*）一书中讨论了污染物在环境生物体内诱导的内分泌干扰效应。在环境与健康研究领域，进入机体的污染物对相关毒性通路的扰动和早期危害是国际公认的污染致病起点。由于现有的科研水平在污染物与受体蛋白、遗传物质等生物分子的交互作用，以及连接污染与健康的关键环节上认识严重不足，科研人员难以将环境污染与特定疾病发生关联。2007年，美国国家研究委员会发布了《21世纪毒性测试：愿景与策略》（*Toxicity Testing in the 21st Century: A Vision and a Strategy*），提出了全新的毒理学研究思路与毒性测试战略，指出毒性测试应以整体动物试验为基础，向细胞体外测试与计算毒理相结合的方法转变，探求污染与生物分子交互作用及其对关键毒性作用通路的扰动机制——这是未来破解环境与健康因果奥秘的关键。

2 全球环境与健康领域的研究热点

环境暴露的复杂性和环境污染物的复合效应给环境与健康研究提出了新挑战。真实的人体环境暴露均是污染物的混合暴露方式。例如，大气细颗粒物（$PM_{2.5}$）就是一种典型的环境混合物，而不同国家和区域在不同经济发展阶段的$PM_{2.5}$污染组成是有显著差异的，这就给环境与健康研究提出了新挑战。美国国立卫生研究院国家环境卫生科学研究所将阐明环境污染物混合暴露的健康效应作为其未来优先研究重点。

当前，暴露组和暴露组学成为环境健康领域新的研究热点。将“自上而下”的外暴露污染谱法和“自下而上”的基于基因组、代谢组等的生物标志物法有机整合是未来暴露评价研究的方向。由于疾病发生是一个长期过程，暴露组研究不仅涉及内、外暴露种类和剂量的问题，还涵盖了暴露时间尺度上的延伸。全基因组关联研究（GWAS）在疾病产生机制中已被广泛应用，而环境关联研究（EWAS）给环境与健康研究提供了新思路。如何将GWAS和EWAS相互结合，从而深入剖析基因与环境间的相互作用是目前研究的一个热点。利用上述方法，在环境污染-区域疾病相关性研究中已取得了一些进展。例如，在Ⅱ型糖尿病的研究中成功找到了一些相关的环境暴露因素。

整合从微观到宏观等不同层次技术，发展污染-健康相关性解析新方法。污染与健康的关系并非仅仅是污染物与相关基因相互作用那么简单。例如，印度次大陆因滥用双氯芬酸引发的鼠疫爆发和狂犬病流行[1]，并非源于污染物与人体的直接作用，而是由于该兽药使用导致秃鹫种群锐减造成了鼠灾泛滥。这种污染物通过影响食物链产生的生态效应可能对疾病的暴发产生重大的影响。因此，面对环境与健康研究的新挑战，不仅需要发展能够解析微观作用、个体效应、人群影响乃至生态后果的不同层次的污染-健康相关性解析新方法，而且应该将不同层次技术相互整合。

3 我国环境与健康研究面临的机遇与挑战

环境化学与生命科学的交叉为环境健康研究提供了新的机遇。由于细胞内遗传物质突变的逐步累积最终会导致恶性肿瘤的发生，与污染物相关的DNA损伤与修复研究一直是领域前沿。暴露于污染物的细胞均会发生一定程度的氧化应激，而活性氧自由基可引发遗传变异并与人类肿瘤发生紧密相关。早在数十年

前，欧美等发达国家即在国家层面部署了环境与健康战略研究计划，并投入大量资金支持相应的基础和应用研究，以保障公众健康。世界有关国家的环境与健康研究为我国实施相关计划提供了宝贵的经验。

2014年中国科学院战略性先导科技专项（B类）“典型污染物的环境暴露与健康危害机制”批准设立。之后，以中国科学院生态环境研究中心为牵头单位的研究人员在有机物致核酸氧化损伤新机制上取得了一系列创新成果。研究发现，以碳为中心的醌酮自由基能直接与重要的生物大分子（如DNA、蛋白质和脂类）交联而产生毒性[2,3]。这一全新的有机污染物致核酸氧化损伤的机制可适用于氯代苯酚、橙色剂和溴代阻燃剂等可通过体内代谢或化学脱卤生成多卤取代醌的环境污染物。目前，“典型污染物的环境暴露与健康危害机制”专项将污染暴露所致的表观遗传修饰变异作为揭示污染—健康危害因果关系的一个新突破口；这也是环境科学和生命科学研究前沿和热点的学科交叉的又一个典型案例。2020年全球新冠肺炎疫情的暴发，值得我们深刻地反思。我国在经历了最初的新冠肺炎疫情阵痛之后，迅速在全国范围内进行了全面防疫部署。通过科学防治、精准施策，目前疫情已经基本上得到了控制，这体现了我国政府对于生命健康的尊重与担当。然而，全球仍在发展的疫情正在对人类的生命安全和未来发展产生持续影响，同时也对环境与健康的内在关联机制研究提出了前所未有的挑战。

新冠病毒的传播与环境暴露途径有着密切联系。当前已有研究证明新冠病毒的生存能力与温度、湿度等环境因素密切相关，而其感染途径可通过呼吸道飞沫传播、气溶胶传播，甚至冷链传播等多种暴露途径[4,5]。深入认识和理解新冠病毒的环境暴露途径，结合环境流行病学信息的系统比较，揭示病毒环境暴露与疾病暴发内在关联机制，识别环境因素对病毒变异的分子学机制等相关研究，将对完善新冠肺炎疫情的防治措施，有效防控新冠肺炎疫情继续蔓延，确保人类健康与经济协调发展具有重要意义。

环境与健康问题的高度复杂性决定了其研究必然是多学科交叉的前沿领域，需要具有多元知识结构的研究团队集中攻关方能取得重大突破。然而，我国环境与健康领域各个学科间缺乏合作与沟通，研究力量分散，致使目前的工作缺乏系统性，未能将环境暴露、毒理和疾病紧密联系起来，难以揭示典型污染物环境暴露与健康危害机制。长远来看，我国的环境健康研究需要聚集和吸引优秀科学家形成集群优势持续攻关，为我国区域高发疾病的环境污染寻因和健康保障技术的研发奠定理论与方法基础。

参考文献

1 Oaks J L, Gilbert M, Virani M Z, et al. Diclofenac residues as the cause of vulture population decline in Pakistan. Nature, 2004, 427: 630-633.

2 Huang C H, Shan G Q, Mao L, et al. The first purification and unequivocal characterization of the radical form of the carbon-centered quinone ketoxy radical adduct. Chemical Communications, 2013, 49(57): 6436-6438.

3 Zhu B Z, Shan G Q, Huang C H, et al. Metal-independent decomposition of hydroperoxides by halogenated quinones: Detection and identification of a quinone ketoxy radical. PNAS, 2009, 106(28): 11466-11471.

4 Morawska L, Cao J. Airborne transmission of SARS-CoV-2: The world should face the reality. Environment International, 2020, 139: 105730.

5 WHO. Modes of Transmission of Virus Causing COVID-19: Implications for IPC Precaution Recommendations. [2020-03-29]. https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations.

Strengthen Environmental and Health Research Capacity to Build a Beautiful China

SONG Maoyong JIANG Guibin*

(Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China)

Abstract Environmental pollution caused by rapid economic development has become increasingly prominent in China, and a variety of diseases occur closely related to environmental pollution. Theoretical innovation and technology improvements are not only challenges but also opportunities for environmental and health research in China. It is necessary to continuously gather and attract outstanding scientists to explore the causes and mechanisms of diseases resulted from environmental pollution, which can finally provide theoretical and methodological foundations for finding relations between the high incidence of regional diseases and environmental pollution and promoting the development of health protection technology.

Keywords environmental and health, pollution, Beautiful China



宋茂勇 中国科学院生态环境研究中心副主任、研究员，环境纳米技术与健康效应重点实验室副主任。国家优秀青年科学基金获得者。主要研究方向为新型持久性有机污染物及人工纳米材料的环境毒理学研究。E-mail: mysong@rcees.ac.cn

SONG Maoyong Deputy director of Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences (CAS). Deputy director of Key Laboratory of Environmental Nanotechnology and Health Effects. National Natural Science Foundation of China “Outstanding Young Scientist”. His main research area is toxicological mechinisms of emerging chemicals and nanoparticles. E-mail: mysong@rcees.ac.cn



江桂斌 中国科学院院士，发展中国家科学院院士。中国科学院生态环境研究中心研究员，中国科学院大学资源与环境学院院长，环境化学与生态毒理学国家重点实验室主任。中国分析测试协会理事长，*Environmental Science & Technology* 副主编。主要研究领域涉及化学形态、分析仪器、环境过程与毒理、纳米材料环境效应等，提出并推进了我国持久性有毒污染物的研究。E-mail: gbjiang@rcees.ac.cn

JIANG Guibin Academician of Chinese Academy of Sciences (CAS), Fellow of the World Academy of Sciences for the advancement of science in developing countries. Professor of Research Center for Eco-Environmental Sciences, CAS, Dean, College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences. Director of the State Key Laboratory of Environmental Chemistry and Ecotoxicology, and President, China Association for Instrumental Analysis. His main research areas involve chemical forms, analytical instrumentation, environmental processes and toxicology, environmental effects of nanomaterials, etc. He has proposed and promoted the study of persistent toxic pollutants in China.
E-mail: gbjiang@rcees.ac.cn

■责任编辑：张帆

*Corresponding author